

## PEMBUATAN EKOSEMEN DARI SAMPAH ORGANIK

Nana Dyah Siswati<sup>1)</sup>, Rubin Nanda<sup>2)</sup> dan Riant Anggraini<sup>2)</sup>

1) Jurusan Teknik Kimia FTI UPN „Veteran“ Jawa Timur

2) Alumni Jurusan Teknik Kimia FTI UPN „Veteran“ Jawa Timur

### Abstrak

Volume sampah perkotaan yang sangat banyak dan keterbatasan lahan pembuangan serta penanganan yang tidak memadai, merupakan masalah yang cukup pelik dan berkepanjangan. Untuk membantu mengatasi hal tersebut maka dilakukan penelitian “Pembuatan Ekosemen dari Sampah Organik”. Ekosemen dibuat dari abu sampah organik dan batu kapur. Pengabuan sampah organik yang terdiri dari daun-daun dan ranting kayu kering serta sampah anorganik jenis kertas dilakukan dalam reaktor Pirolisis pada suhu yang bervariasi yaitu 100, 150, 200, 250, 300 (°C). Abu yang dihasilkan dicampur dengan batu kapur dengan perbandingan antara (60:40) ; (55:45) ; (50:50) ; (45:55) ; (40:60) (%) dan air secukupnya, selanjutnya bahan-bahan tsb dibakar pada suhu 900 °C selama 1 jam. Hasil analisa abu pada proses pirolisis didapatkan abu yang terbaik untuk bahan semen adalah yang di pirolisis pada suhu 300 °C dengan komposisi sbh : CaO = 200.591,8 ppm SiO<sub>2</sub> = 160.020, 8 ppm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 56.800,9 ppm dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 5.510,6 ppm. Sedangkan Ekosemen yang terbaik adalah pada proporsi abu : batu kapur 55 % : 45%, dengan komposisi CaO=60,8 %, SiO<sub>2</sub> = 16,3 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,8 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,3%, yang mempunyai kuat tekan 72,6 kg/cm<sup>2</sup>, min, dalam umur simpan 7 hari (standard nilai kuat tekan 150 kg/cm<sup>2</sup>, min, umur simpan 7 hari).

**Kata kunci :** Ekosemen, Abu Sampah Organik, Batu Kapur.

### Abstract

The Huge volume of urban garbage despite limited space of garbage dump and inappropriate handling have become complicated and never ended problem. Helped to these issue, the research on Forming Ecocement from organic garbage was carried out. Ecocement was made from the mixture of the ash of organic garbage and limestone. The ashing was started by putting up the dry leaves and branches and some anorganic garbage (i.e paper) in pirolisis reactor, heated at temperatures 100, 150, 200, 250, 300 (°C). The resulted ash was mixed with limestone at (60:40) ; (55:45) ; (50:50) ; (45:55) ; (40:60) (%) ratio and blended with water. Next, the mixture was heated in a temperature of 900 °C for 1 hour. The ash analysis from the pirolisis process indicated that the best ash to produce cement was one that was heated in the temperature of 300 °C in the composition of CaO = 200.591,8 ppm SiO<sub>2</sub> = 160.020, 8 ppm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 56.800,9 ppm dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 5.510,6 ppm, while the best ratio of ash : lime stone is 55 % : 45 % in the composition of CaO=60,8 %, SiO<sub>2</sub> = 16,3 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,8 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,3%. The resulted cement stand the tensile strengt 72,6 kg/cm<sup>2</sup>, min, in 7 days stored (standard grade of the tensile strengt 150 kg/cm<sup>2</sup>, min, in 7 days stored).

**Key words :** Ecocement, Ash of Organik Garbage, Lime Stone.

## PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dan gaya hidup sangat berpengaruh pada volume sampah. Kota metropolitan lebih banyak menghasilkan sampah dibandingkan dengan kota sedang atau kecil. Di Surabaya misalnya, setiap hari rata-rata 8800 m<sup>3</sup> sampah yang terkumpul di Kota Buaya itu, sekitar 70 % adalah sampah organik (BPS, 2004). Dalam tiga minggu tak kurang 168.000 m<sup>3</sup> atau 42.000 ton sampah tak terangkut ke tempat pembuangan akhir (TPA). Untuk menangani permasalahan sampah secara menyeluruh perlu dilakukan alternatif pengelolaan. Landfill bukan merupakan alternatif yang sesuai, karena pengelolaan landfill di TPA itu tidak ubahnya dengan menghampar sampah (Kompas, 2004), tidak berkelanjutan dan hanya akan menimbulkan masalah lingkungan. Saat ini di Jepang telah berhasil mengubah sampah menjadi produk semen yang kemudian dinamakan dengan Ekosemen. Diawali penelitian di tahun 1992, dengan dibiayai oleh Development Bank of Japan, para peneliti Jepang telah meneliti kemungkinan abu hasil pembakaran sampah, endapan air kotor dijadikan sebagai bahan semen. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa abu hasil pembakaran sampah mengandung unsur yang sama dengan bahan dasar semen pada umumnya, yaitu senyawa-senyawa oksida seperti CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, oleh karena itu, abu ini bisa berfungsi sebagai pengganti clay/tanah liat yang digunakan pada pembuatan semen biasa, dengan komposisi sbb :

**Tabel 1. Komposisi senyawa pada abu insinerasi dan semen konvensional (ppm)**

	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl
Semen konvensional	62-65	20-25	3-5	3-4	2-3	50-100
Abu insinerasi	12-31	23-46	13-29	4-7	1-4	150 000

Sumber : (T. Shirmoda, 1999 dalam Priyatna, D.E., 2006)

Kebutuhan kandungan CaO yang masih belum terpenuhi pada abu insinerasi dapat dicukupi dengan penambahan batu kapur. Dalam pembuatan Ekosemen, klorin dan logam berat yang terkandung pada abu insinerasi diekstrak menjadi *artificial ore* (Cu, Pb, dan lainnya) yang kemudian di-*recycle* untuk

digunakan kembali. Secara umum, produksi semen konvensional (*Portland*) meliputi pengeringan, penghancuran, dan pencampuran batu kapur, tanah liat, *quartzite*, serta bahan baku lainnya dan kemudian dibakar pada rotary kiln. Prinsip produksi Ekosemen pada dasarnya sama dengan prinsip pembuatan semen konvensional. Adapun perbedaannya terletak pada proses pembakaran dan pengolahan limbah. (T. Shirmoda, 1999 dalam Priyatna, D.E., 2006). Hingga saat ini ada dua macam type Ekosemen (berdasarkan penambahan alkali dan kandungan chlor) yaitu type biasa dan type rapid hardening. Ekosemen type biasa mempunyai kualitas sama baiknya dengan semen portland biasa (Priyatna, D.E., 2007). Kata semen berasal dari bahasa lain "*Caementium*" artinya bahan pengikat. Definisi secara umum adalah bahan perekat yang dapat mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kuat (Rohmawati, H., 2002). Semen Abu atau Semen *Portland* adalah bubuk/*bulk* berwarna abu kebiru-biruan, dibuat dari batu kapur atau batu gamping dan tanah liat atau tanah lempung. Batu kapur merupakan hasil tambang yang mengandung senyawa calcium oksida (CaO), sedangkan tanah lempung mengandung silica dioksida (SiO<sub>2</sub>) serta aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kedua bahan ini kemudian mengalami proses pembakaran hingga meleleh. (Pratomo, A., dalam Tedifa, 2007)

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Bahan dan alat.

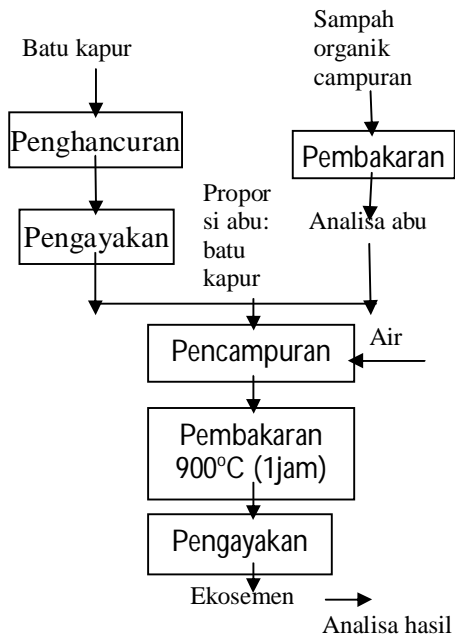
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah organik yang terdiri dari daun-daunan dan ranting-ranting kayu serta anorganik jenis kertas yang diperoleh dari kebun sekitar kampus UPN "Veteran Jatim, batu kapur dan aquades dari toko bahan kimia di Surabaya. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reactor pirolisis, kondensor, thermometer, furnace, screening, press meter, cawan dan martil.

### 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan berdasar hasil terbaik. Proses pembuatan Ekosemen melalui berbagai tahap. Mula-mula tahap pengeringan sampah organik yang terdiri dari daun-daun ranting kayu dan kertas. Kemudian dilanjutkan tahap pengabuan dalam reactor pirolisis hingga diperoleh abu dengan komposisi yang memenuhi syarat sebagai bahan dasar semen. Tahap terakhir adalah pembakaran

campuran abu, batu kapur dan air pada furnace. Produk hasil pembakaran pada furnace adalah Ekosemen. Variabel yang dijalankan dalam penelitian ini yaitu suhu pembakaran pada reactor pirolisis (100, 150, 200, 250, 300 °C) dan proporsi antara abu sampah : batu kapur = (60:40); (55:45); (50:50); (45:55); (40:60)(%).

### 3. Prosedur Penelitian.



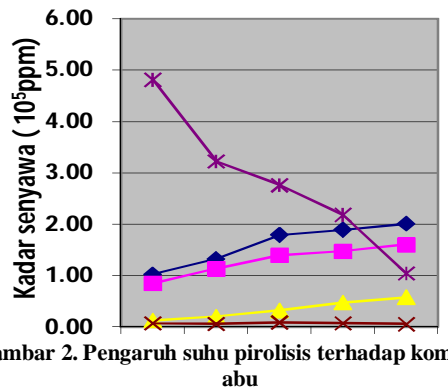
**Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan Ekosemen dari sampah**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Proses Pengabuan sampah

**Tabel 2. Komposisi abu**

Suhu Pirolisis (°C)	Kadar (ppm)				
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kadar air
100	102 149,5	84 432,6	12 432	6 684,7	480,000
150	132 250,7	113 330,7	19 992,7	5 899,4	322,000
200	178 375,3	139 441,8	32 000,8	8 810,6	276,000
250	188 485,9	147 221,7	47 110,9	8 991,2	218,000
300	200 591,8	160 020,8	56 800,9	5 510,6	104,000



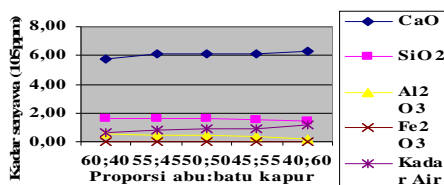
**Gambar 2. Pengaruh suhu pirolisis terhadap komposisi abu**

Komposisi abu sampah menunjukkan ada kecenderungan naiknya kadar senyawa-senyawa seiring dengan naiknya suhu, hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin besar kemungkinan terbentuknya senyawa-senyawa, sesuai dengan sifat peruraian kayu bahwa kayu terurai secara bertahap, hemiselulose terdegradasi pada kisaran suhu 200-260 °C, selulose pada suhu 240-350 °C, dan lignin pada 280-500 °C (Sjostrom, E., 1995). Perkecualian ada pada senyawa Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kadar senyawa ini hanya mengalami kenaikan pada suhu maksimum 200 °C dan pada suhu semakin tinggi kadarnya menurun. Sampah anorganik yang dianggap sebagai sumber Fe memang hanya sebagian kecil dibanding daun-daunan dan ranting-ranting kayu sehingga turunnya kadar Fe ini dikarenakan kadarnya dalam bahan sudah habis terurai. Sehingga kandungan abu yang terbaik yaitu pada suhu 300 °C, pada saat itu semua senyawa terbentuk dengan prosentase maksimal.

### 2. Proses pembakaran bahan Ekosemen

**Tabel 3. Komposisi Ekosemen.**

Proporsi abu : batu kapur	Kadar (ppm)				
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kadar air
60:40	572,159	162,477	51,375	3,876	67,000
55:45	608,712	163,782	48,771	3,821	82,000
50:50	607,611	157,892	47,372	3,537	93,000
45:55	612,214	152,732	40,021	1,723	91,000
40:60	633,127	147,243	22,413	973,3	118,00



**Gambar 3. Pengaruh proporsi abu : batu kapur terhadap komposisi Ekosemen**

Terlihat pada gambar 3, kadar CaO mengalami kenaikan terus seiring dengan turunnya proporsi abu sampah dan naiknya batu kapur, hal ini terjadi karena kadar CaO pada abu sampah sudah cukup tinggi apalagi dengan penambahan batu kapur, karena batu kapur adalah hasil tambang yang mengandung senyawa kalsium oksida (CaO) (Tedifa, 2007). Kadar SiO<sub>2</sub> tertinggi dicapai pada proporsi abu : batu kapur 55 : 45 (%) selanjutnya terjadi penurunan terus. Menurut Tedifa, 2007, bahwa batu kapur hanya mengandung senyawa kalsium oksida (CaO). Tanah lempung mengandung silika dioksida (SiO<sub>2</sub>) serta aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), sedangkan pada pembuatan Ekosemen ini tidak menggunakan bahan baku tanah lempung/tanah liat, karena tanah liat digantikan oleh abu, SiO<sub>2</sub> hanya diperoleh dari abu saja sehingga semakin turun proporsi abu maka kadar senyawa ini juga semakin menurun. Seperti halnya kadar SiO<sub>2</sub> kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga hanya diperoleh dari abu, sehingga kadarnya terus menurun seiring dengan turunnya proporsi abu sampah. Perolehan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sangat kecil dan terus menurun seiring dengan turunnya proporsi abu karena kadar senyawa ini pada abu sangat kecil hal ini disebabkan sampah yang digunakan sebagian besar sampah organik padahal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> banyak terdapat pada sampah anorganik, demikian pula batu kapur juga tidak mengandung Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Tabel 4. Standar kimia semen dibanding Ekosemen.**

Senyawa	Kadar Standart (%)	Kadar Ekosemen pada proporsi (%)				
		60:40	55:45	50:50	45:55	40:60
CaO	60-67	57,2	60,8	60,7	61,2	63,3
SiO <sub>2</sub>	17-25	16,2	16,3	15,7	15,2	14,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3-8	2	4,8	4,7	4	2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5-60	0,3	0,3	0,3	0,17	0,09

Sumber : Lea, Frenderick M, 1970

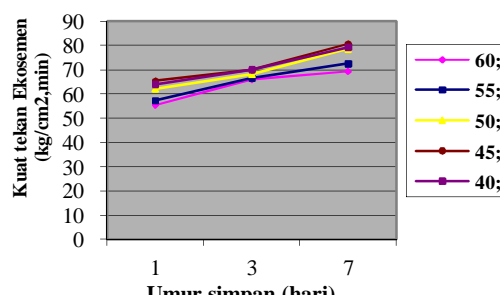
Berdasarkan standart semen yang ada di Literature, maka dianggap bahwa pada proporsi 55:45 paling mendekati, karena dilihat dari kadar SiO<sub>2</sub> paling maksimal meskipun belum memenuhi standart,

demikian juga kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> belum memenuhi standart.

### 3. Uji Kuat Tekan Ekosemen

**Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Ekosemen, (143 cm<sup>2</sup>) luas tabung pada semen**

Proporsi abu: batu kapur	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> ,min)		
	Umur 1 hari	Umur 3 hari	Umur 7 hari
60 : 40	55,3	66	69,3
55 : 45	57,3	66,6	72,6
50 : 5	62	68	78,6
45 : 55	65,3	70	80,6
40 : 60	64	70	79,3



**Gambar 4. Pengaruh proporsi abu : batu kapur terhadap komposisi Ekosemen**

Pada proporsi abu : batu kapur = 55% : 45% diperoleh kuat tekan yang terus meningkat dan maksimal yaitu 66,6 (kg/cm<sup>2</sup>,min) (umur simpan 3 hari) dan 72,6 (kg/cm<sup>2</sup>,min) (umur simpan 7 hari), meskipun jika dibandingkan dengan standart kualitas semen menurut **SNI, 2006** untuk semen Portland type V (Low Heat Cement) yang penggunaannya terutama pada pembuatan bendungan dan pada bangunan yang membutuhkan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat dan perkerutan yang rendah (Fitriyana, S.Y., 2004), belum memenuhi syarat yaitu **80 (kg/cm<sup>2</sup>,min) (umur simpan 3 hari) dan 150 (kg/cm<sup>2</sup>,min) (umur simpan 7 hari)**. Keadaan ini sesuai dengan kadar (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pada semen yang rendah yaitu 0,3 % seharusnya 0,5-60 (%) (Lea, Frenderick M., 1970) karena kuat tekan semen dipengaruhi oleh kadar pasir besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Fitriyana, S.Y., 2004). Rendahnya kadar (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ini disebabkan bahan yang digunakan sebagai pengganti tanah liat sebagai sumber (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) berasal dari sampah organik saja sedangkan (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) banyak terdapat pada sampah anorganik.

## KESIMPULAN

Hasil analisa abu yang dianggap baik sebagai bahan baku semen diperoleh pada suhu 300 °C dengan komposisi CaO= 200.591,8 ppm SiO<sub>2</sub> = 160.020, 8 ppm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 56.800,9 ppm dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 5.510,6 ppm. Sedangkan Ekosemen yang terbaik adalah pada perbandingan berat abu : batu kapur = 55%:45% , dengan komposisi CaO=60,8 %, SiO<sub>2</sub> = 16,3 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,8 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,3%, yang mempunyai kuat tekan 72,6 kg/cm<sup>2</sup>, min, pada umur simpan 7 hari, berdasar standart kualitas semen menurut SNI paling mendekati untuk semen portland type V.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adminis, 28 Agustus 2006, Sampah, (<http://www.voctech.com>).
- Adminis, 22 Maret 2006, Semen dari sampah, (<http://beritaiptek.com>)
- Affandi, 1987, Teknologi Semen, Pusat Penelitian PT Semen Gresik (Persero) Tbk, Gresik
- Barnerjea, H.N., 1980, "Technology Of Portland Cement and Blended Cement", 1<sup>st</sup> edition, chapter 9-10, Wheeler By Publishing, Bombay.
- BPS, 2004, "Surabaya Dalam Angka 2004", Dinas Kebersihan, Surabaya.
- Kompas, 10 Januari 2004, Sampah Goyang Wali Kota. [www.2.kompas.com](http://www.2.kompas.com).
- Lea, Frederick M., 1970, "The Chemistry Of Cement And Concrete", Third edition, Edward Arnold Publisher Ltd, London, hal. 158.
- Priyatna, D.E., 22 Maret 2006, "Semen dari sampah", [www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com),
- Priyatna, D.E., 4 Februari 2007, "Semen dari sampah", [www.pmi-j.org.com](http://www.pmi-j.org.com).
- Rohmawati, H., 2002, "Laporan Kerja Nyata PT Semen Gresik (persero) Tbk", Jurusan Teknik Kimia, UPN, Surabaya.
- SNI, 2006, "Standard Nasional Indonesia", Semen Portland.
- Sjostrom, E., 1995, Kimia kayu Dasar-dasar penggunaan, edisi 2, Gajah Mada University Press.
- Tedifa, 24 Oktober 2007, Bahan baku pembuatan semen. <http://id.shvoong.com>.
- T. Shimoda, S. Yokoyama, 1999, Ecocement—a new Portland cement to solve municipal and industrial waste problems, Proc. of International Congress on Creating with Concrete, Dundee, 1999.